



УДК 621.3

**ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И
СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ И
ЯВЛЕНИЙ ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ДАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**POWER QUALITY PROBLEMS AND WAYS OF
MODELING THE ELECTRO-TECHNOLOGICAL
INSTALLATIONS FOR IDENTIFICATION OF
NEGATIVE PHENOMENA AND FACTORS ARISING
FROM THE OPERATION OF THIS EQUIPMENT**

Антипин Александр Сергеевич, магистрант каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.s_antipin@mail.ru. Тел.: +7(982)702-44-52

Фризен Василий Эдуардович, д-р. техн. наук, заведующий каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: vfrizen@yandex.ru

Вольхин Михаил Сергеевич, ООО "КоРВАС", Россия, 623700, г. Березовский, ул. Строителей, 4. E-mail: volkhin@korvas.org. Тел.: +7 (343) 328-27-32

Alexander S. Antipin, Master student, Department «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.s_antipin@mail.ru. Ph.: +7(982)702-44-52

Vasiliy E. Frizen, Doctor Sc., Department Chairman «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: vfrizen@yandex.ru

Michael S. Volhin, LLC «Complex Develop and Introduction automated Systems», 623700, Builders street, 4, Berezovsky, Russia. E-mail: volkhin@korvas.org. Ph.: +7 (343) 328-27-32

Аннотация: Статья описывает проблему снижения качества электроэнергии, возникающую в процессе наращивания энергетических мощностей. Снижение качества электроэнергии может быть вызвано множеством различных факторов, проявляющихся при определенных обстоятельствах, и имеют поэтому разные решения по их устранению. Наиболее остро стоит проблема влияния качества электроэнергии на энергетические параметры электрооборудования и электроприемников в металлургической отрасли и в области механической обработки, широко эксплуатирующих различные электротехнологические установки. Важным элементом при подготовке специалистов в области электроэнергетики и электротехники является формирование компетенций, направленных на выявление и устранение причин, вызывающих снижение качества электроэнергии. Наиболее эффективно эти компетенции могут быть сформированы при выполнении действий на реальном оборудовании или на физической модели.

Abstract: The article describes the problem of reducing power quality, arising in the process of building energy capacity. Reduced power quality can be caused by many different factors, manifested in certain circumstances, and therefore have different solutions for their elimination. The most acute problem of the influence of power quality parameters on energy and electrical power consumers in the steel industry and in the field of machining, widely different operating electrotechnological installation. An important element in the preparation of specialists in the field of electricity and electrical engineering is the formation of competences, aimed at identifying and eliminating the causes of decline in power quality. The most effective of these competencies can be formed when performing actions on real hardware or on a physical model.

Ключевые слова: качество электроэнергии; эффективность; моделирование; электрооборудование.

Key words: quality of electricity; efficiency; modeling; electrical equipment.

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Электрическая энергия как товар используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует при создании других видов продукции, влияя на их качество.

Понятие качества электроэнергии (КЭ) отличается от понятия качества других видов продукции. Каждый электроприемник (ЭП) предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: частоте, номинальное напряжение, ток. Поэтому для нормальной его работы должно быть обеспечено требуемое КЭ. Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее характеристик, при которых ЭП могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции. Поэтому измерения параметров сети имеют огромное значение в оценке качества электроэнергии

К проблемам качества электроэнергии относится множество различных явлений. Каждое из этих явлений может происходить при определенных обстоятельствах и иметь разные решения по устранению, которые могут способствовать улучшению качества электроэнергии и как следствие характеристик оборудования. При оценке электромагнитной обстановки и способов решения проблем, связанных с электромагнитной совместимостью, можно воспользоваться методом виртуального моделирования, что позволит довольно быстро определить рациональные варианты решения. Потребители электроэнергии рассчитываются и изготавливаются на длительную работу с номинальными электрическими параметрами – частота сети, напряжение и ток, при которых они обладают наивысшими технико-экономическими показателями [1].

Однако при передаче электроэнергии от станций к потребителям качество ее ухудшается, так как в сетях имеют место потери напряжения, зависящие от длины или качества монтажа линий. Несимметрия нагрузки фаз вызывает несимметрию напряжений. Наличие преобразовательных устройств приводит к несинусоидальности напряжений, а изменение нагрузки при отключении и подключении потребителей вызывают колебания частоты и напряжения. Указанные причины, а также ряд других факторов приводят к отклонению параметров качества электрической энергии от нормированных значений, что влияет на работу электроприемников. Качество электроэнергии непосредственно связано с экономичностью производства, поскольку отклонения показателей качества от номинальных приводят к снижению КПД, коэффициента мощности,

производительности, срока службы и других показателей потребителей электроэнергии.

Другим отражением качества электроэнергии является его влияние на сам предмет производства, на качество продукции. Действительно, отклонение показателей качества энергии от номинальных ведет непосредственно к нарушению технологических процессов (обработки, проката, гальванизации, нагрева и т. п.). Качество электрической энергии связано и с некоторыми социальными проблемами. Так, например, недопустимые отклонения напряжения в осветительных сетях вызывают снижение освещенности, что сказывается на органах зрения человека [2]. Появление высших гармонических в сетях электроснабжения вызывает не только нарушение работы радио- и телевизионной аппаратуры, но в определенных условиях воздействует и на здоровье людей. Высокочастотные вибрации рабочего инструмента, вызванные наличием высших гармонических, приводят к различным профессиональным заболеваниям рабочих.

ИСТОЧНИКИ НЕГАТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Рассмотрим, как влияет отклонение параметров качества электроэнергии на работу электроприемников. Отклонения и колебания напряжения в электрических сетях, вызываемые непрерывным изменением электрических нагрузок, приводят к изменению освещенности, повышению удельного расхода энергии, изменению технологических процессов, увеличению себестоимости продукции, браку и другим негативным последствиям, снижающим народнохозяйственную эффективность производства. Причиной, вызывающей искажение напряжения и тока в электросети, выступают нелинейные потребители, которые используют ток несинусоидального типа. Среди таких источников стоит выделить, электродвигатели с инверторной системой управления, комплексы плавного пуска двигателей, выпрямители управляемого и неуправляемого типа, блоки питания, электротермическое оборудование – лазеры, дуговые и индукционные печи с высокой частотой, сварочные агрегаты, микроволновые установки и т.п. [3].

Основное внимание заслуживает группа электротермического оборудования, так как для их питания используются мощные силовые полупроводниковые элементы, печные трансформаторы. Данное оборудование может создавать и усиливать негативные эффекты в электросети, а именно, несимметричность и несинусоидальность напряжения. Моделирование установок и электрических аппаратов с добавлением функционала, отвечающего за

эффекты, вносимые в сеть и оказывающие отрицательное влияние, может на этапе проектирования дать достаточно точную оценку эффективной работы задействованного электрооборудования.

СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Существующие способы моделирования электротехнологического или иного оборудования позволяют произвести анализ работы установок до реализации последних. Любое моделирование представляет собой упрощение и описание процессов в четкую структуру, и именно степень упрощения (точность описания) позволяет смоделировать более точно работу установки. Моделирование позволяет создать точную эквивалентную копию действующего оборудования, на которой специалисты имеют возможность отточить свои навыки и повысить свой уровень подготовки.

Математические расчеты как, вид моделирования, позволяет оценить состояние системы в идеальной среде в конкретный момент времени и при определенных условиях, что не всегда позволяет оценить правильность работы установки в целом. Является простым, быстрым способом проверить правильность работы установки. Тогда на смену приходит компьютерное моделирование, когда с помощью специализированного программного обеспечения, возможно, оценить работу установки с течением времени и прибегая к более сложным расчетам и зависимостям.

Компьютерный анализ является гибким и многофункциональным способом, возможность моделировать разнообразные и смещенные по своей природе процессы позволяет за достаточно короткое время получить необходимый результат. Задавая пределы неидеальности тех или иных компонентов системы мы получаем достаточно точный расчет работы установок. Сложность данного метода состоит в том, что необходимо заранее учесть и запрограммировать все возможные ситуации и процессы. Такой подход порождает большое количество переменных и зависящих от них параметров, что влечет за собой применение мощной вычислительной техники для обработки информации.

Физическое моделирование – один из самых сложных и затратных способов моделирования электротехнологических установок, но является наиболее точным и эффективным. Физическое моделирование добавляет в анализируемую среду некий элемент случайности и неидеальности, шанс возникновения явлений которые будут влиять на электрические параметры установки и электросети. Так с течением времени, действиями окружающей внешней среды (температура,

влажность, параметры питающей сети и т.д.) материалы и электронные компоненты изменяют свои характеристики (в пределах установленных норм), что неизбежно влечет за собой изменение параметров электротехнологической установки в целом.

Порой эти изменения не поддаются ни прогнозированию, ни четкому описанию, и учесть их при других способах моделирования представляется крайне сложно или даже невозможно. Достоверность, полученных данным способом, таких результатов при физическом моделировании, как правило, проверяется с использованием других видов моделирования применительно к отдельным элементам и составным частям, что достаточно упрощает расчеты или компьютерный анализ.

Рассматривая виды моделирования необходимо упомянуть о том, что все они должны дополнять и перепроверять друг друга. Так в компьютерном анализе очень часто прибегают к созданию физических моделей частей исследуемой системы. И конечно же физическое моделирование и компьютерный анализ не обходиться без проведения определенных вычислений при проектировании, проверке и проходящей наладке технологических установок [4].

Выбор метода моделирования определяется исходя из конкретной задачи и сложности анализируемой среды технологической установки. Каждый из способов требует определенных трудовых, финансовых и других ресурсов. Так для проведения подобных расчетов необходимы квалифицированные кадры, для проведения детального и полного компьютерного анализа дополнительно необходимы вычислительные мощности, для проведения физического анализа необходимо провести предварительные расчеты и компьютерный анализ и реализовать масштабные установки или их части для проведения лабораторных испытаний. Сложность моделирования напрямую зависит от количества задействованных параметров в функциях, чем больше используется переменных в вычислениях, тем точнее и многофункциональней будет расчетная модель установки.

ТЕНДЕНЦИИ В МОДЕЛИРОВАНИИ

Традиционные пособия моделирования в известной степени обобщает много- численные разработки авторов в области математического моделирования электромагнитных и тепловых процессов в специальных электротехнологических установках. В течение длительного времени они создавались и проходили апробацию на действующем оборудовании, которое также устаревает. С появлением конкретных расчетных задач реализованных в виде расчетно-

графических, а также виртуальных работ, ориентированных на применение современного персонального компьютера и известных универсальных пакетов типа MathCAD и ELCUT, происходит стремительный рост печатных изданий, статей ссылающие на данные инструменты расчета с последующим сравнением расчетных и действующих установок. Это дало толчок к созданию и использованию программ с применением широких возможностей компьютера по быстродействию и богатым средствам визуализации результатов моделирования.

Чрезвычайно важным для исследователя, является этап изучения формуляров расчета применяемых в анализе и оценке, в частности, математических выражений (математических моделей), основных допущений и ограничений, вычислительных алгоритмов, использования встроенных в пакет функций, элементов программирования, подготовки исходных данных для расчета, а также вывода результатов исследования [5].

С точки зрения современных тенденций развития средств и инструментов компьютерного, физического моделирования среди прочих следует выделить общепринятые, понятные для большой аудитории программы и способы, применяющие к проектируемым технологиям и технологическим установкам производящие оценку по различным признакам воздействия и приоритетам исследования: – экологические, как с позиций влияния на окружающую среду, так и по безопасности обслуживания; – экономические, прежде всего с позиций энерго- и ресурсосбережения; – эксплуатационные, прежде всего с позиций надежности работы и повышения производительности оборудования в технологическом процессе. Эти приоритеты исследования обуславливают постоянную актуальность разработки инструментов расчета и программ моделирования, позволяющие более детально изучить процессы и технологии: – оборудования с пониженным выделением вредных отходов производства, прежде всего с широким использованием электроэнергии; – совершенствование очистного оборудования, в том числе с использованием электромагнитных устройств; – манипуляторов и транспортных систем с применением магнитного поля; – технологий утилизации отходов и обогащения металлургического сырья, в том числе с применением электромагнитных и индукционных устройств; – оптимизация режимов работы технологических установок и оборудования, в том числе с использованием электромагнитного

воздействия на рабочую среду; – разработка высокودинамичных электроприводов, в том числе на базе линейных электродвигателей. [6].

ВЫВОД

Основываясь на собственном опыте моделирования электрических контактов [7], измерительных приборов и других многочисленных устройств, применяемых в стендовом оборудовании, при рассмотрении всех преимуществ и недостатков способов моделирования – комплексное применение данных инструментов и методов, в оценке качества электрической энергии и исследовании негативных явления при эксплуатации всего электротехнологического оборудования, может полностью избавиться от недопущений и погрешностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисова Л.М., Гершанович Е.А. Экономика энергетики: Учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 208 с.
2. Чемоданов Е.В. Оценка влияния несимметрии, несинусоидальности и отклонения напряжения на работу электрооборудования предприятия агропромышленного комплекса // Вестник ЧГУ. 2012. №3.
3. Влияние на работу электроприемников - Качество электроэнергии и его обеспечение [Электронный ресурс]. Дата обновления: 06.04.2016. — URL: <http://forca.ru/knigi/arhiv/kachestvo-elektroenergii-i-ego-obespechenie-2.html> (дата обращения: 06.04.2016).
4. Колесников Е.В. Системообразующие принципы проектирования и эксплуатации электротехнологического оборудования // Вестник СГТУ. 2006. №1.
5. Электротехнологическая виртуальная лаборатория: Учебное пособие / Сарапулов Ф.Н., Сарапулов С.Ф., Томашевский Д.Н. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2003. 233 с.
6. Сарапулов Ф.Н. Введение в специальность "Электротехнологические установки и системы": Учебное пособие. Екатеринбург. УГТУ. 1997. 81 с.
7. Антипин А.С. Исследование способов повышения надежности и снижения электрического сопротивления разборных контактных соединений с применением защитных металлопокрытий Труды VI Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» Т. 1. Иваново. 2015. С. 408 – 409.